

О. Г. ГРИБ, І. Т. КАРПАЛЮК, С. В. ШВЕЦЬ, Н. В. РУДЕВИЧ

КОНТЕКСТНИЙ ПІДХІД ДО ЄДИНОГО ЦИФРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті розглядається питання розвитку енергетики України у напрямку ускладнення єдиної мережі за рахунок збільшення кількості джерел, що підключені до мережі, збільшення відбувається за рахунок джерел які можна віднести до малої генерації, кількість одиниць малої генерації різко зросла останнім часом завдяки розвитку систем альтернативної енергетики до яких відносяться сонячні станції, вітрові станції і станції на біопаливі. Не зважаючи на технологічні складності альтернативних джерел електрики, міжнародні фінансові організації фінансують розвиток ринку таких джерел. Здебільшого це системи фотоелектричного перетворення або сонячні станції, для яких в Україні є законодавчі рішення по використанню таких джерел приватними особами, що і призводить до їхнього значного кількісного зростання. Відповідно до законодавства такі малі генеруючі джерела можуть бути підключені до мережі у варіантах що дозволяє продаж надлишків виробленої електрики і в режимах компенсації споживання без продажу надлишків в мережу. В обох варіантах таке підключення призводить до впливу на характеристики мережі. За таких умов необхідно прийняти заходів щодо компенсації впливу на характеристики мережі. Додатково розглядається і зміна характеру споживачів електроенергії. Електричні прилади мають більшу потужність і менший час використання, що відповідає вимогам споживача по зменшенню часу очікування. Такі прилади збільшують пікове навантаження на мережу, що також призводить до впливу на характеристики мережі в цілому. Зазначається, що управління мережами за умови дроблення генерації з одного боку і зміни характеристик споживачів з іншого боку може привести до складнощів управління мережею і підтримкою її характеристик. Автори звертають увагу на перспективність електроенергетичних технологій що включають цифрові рішення і можливість більш глибокого застосування цифрових технологій, які можуть привести до якісних змін енергетики в цілому.

Ключові слова: альтернативні джерела, генерація малої потужності, система цифрових підстанцій, цифрові технології

О. Г. ГРИБ, И. Т. КАРПАЛЮК, С. В. ШВЕЦ, Н. В. РУДЕВИЧ

КОНТЕКСТНЫЙ ПОДХОД К ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье рассматривается вопрос развития энергетики Украины в направлении усложнения единой сети за счет увеличения количества источников, подключенных к сети, увеличение происходит за счет источников, которые можно отнести к малой генерации, количество единиц малой генерации резко возросло в последнее время благодаря развитию систем альтернативной энергетики к которым относятся солнечные станции, ветровые станции и станции на биотопливе. Несмотря на технологические сложности альтернативных источников электроэнергии, международные финансовые организации финансируют развитие рынка таких источников. В основном это системы фотоэлектрического преобразования или солнечные станции, для которых в Украине есть законодательные решения по использованию таких источников частными лицами, что и приводит к их значительному росту. В соответствии с законодательством такие малые генерирующие источники могут быть подключены к сети двумя вариантами: - разрешающий продажу излишков произведенной электроэнергии и в режиме компенсации потребления без продажи излишков в сеть. В обоих вариантах такое подключение приводит к влиянию на характеристики сети. При таких условиях необходимо принять меры по компенсации такого влияния. Дополнительно рассматривается и изменение характера потребителей электроэнергии. Электрические приборы имеют большую мощность и меньшее время использования, что соответствует требованиям потребителя по уменьшению времени ожидания. Такие приборы увеличивают пиковую нагрузку на сеть, что также приводит к воздействию на характеристики сети в целом. Отмечается, что управление сетями при дроблении генерации с одной стороны и изменения характеристик потребителей с другой стороны может привести к сложностям управления сетью и поддержании ее характеристик. Авторы обращают внимание на перспективность электроэнергетических технологий, включающих цифровые решения и возможность более глубокого применения цифровых технологий, которые могут привести к качественным изменениям энергетики в целом.

Ключевые слова: альтернативные источники, маломощная генерация, цифровая подстанция, цифровые технологии

O. G. GRYB, I. T. KARPALIUK, S. V. SHVETS, N. V. RUDEVICH

CONTEXT APPROACH TO THE UNIFORM DIGITAL ENVIRONMENT OF ENERGY SYSTEMS

he article deals with the development of Ukraine's energy sector in the direction of complication of a single network by increasing the number of sources connected to the network. The increase is due to sources that can be attributed to low generation. Under these conditions, it is necessary to take measures to compensate for the impact on the characteristics of the network. In addition, changes in the nature of electricity consumers are also considered. Electric appliances have more power and less time to use. Such devices increase the peak load on the network, which also affects the characteristics of the network. It is noted that the management of networks, provided that the generation of splits on the one hand and changes in the characteristics of consumers on the other hand, can lead to complexity of network management and maintenance of its characteristics. The authors draw attention to the promise of electric energy technologies that include digital solutions and the possibility of deeper application of digital technologies, which can lead to qualitative changes in the energy sector as a whole.

Key words: alternative sources, low generation, digital substation system, digital technologies

Сучасні тенденції розвитку енергетики визначені низкою напрямків, один з яких потреба в доступі до електроенергії в місцях з видаленням від електричних мереж, що визначило зростання ринку малої генерації, левову частку якої займають поршневі двигуни внутрішнього згорання. Інший напрямок визначено сильним впливом міжнародних інститутів, які

наприклад, задають тон в області зниження викидів CO₂, що створило умови для розвитку ринку зеленої енергетики – ця енергетика побудована на поновлюваних джерелах (сонячна, вітрова, біогаз та ін.) [1]. Ну і третій напрямок який має значний вплив на розвиток енергетики – це безумовно розвиток сучасних технологій що дозволив отримати джерела –

© О. Г. Грив, І. Т. Карпалюк, С. В. Швець, Н. В. Рудевич, 2019

генерація яких може знизити ціну виробленої електричної енергії і досягти кращих показників по вартості кіловат години.

Об'єднує всі ці напрямки одне – для можливості продажу електричної енергії необхідно використовувати існуючі електричні мережі, тобто наявний розвинений енергетичний ринок. За останні роки цей ринок посилюється технічно: топологія мереж продовжує розвиватися, з'явилися більш жорсткі

стандарти на якість електричної енергії, з'явилося і значно більша кількість учасників цього ринку. Слід зазначити, що тепер бажають підключитися в єдину мережу і значна кількість малих генеруючих компаній або приватних осіб, що мають генерацію і які бажають продати надлишок електричної енергії в мережу. Ринок вироблення електричної енергії має стійку тенденцію до зростання.

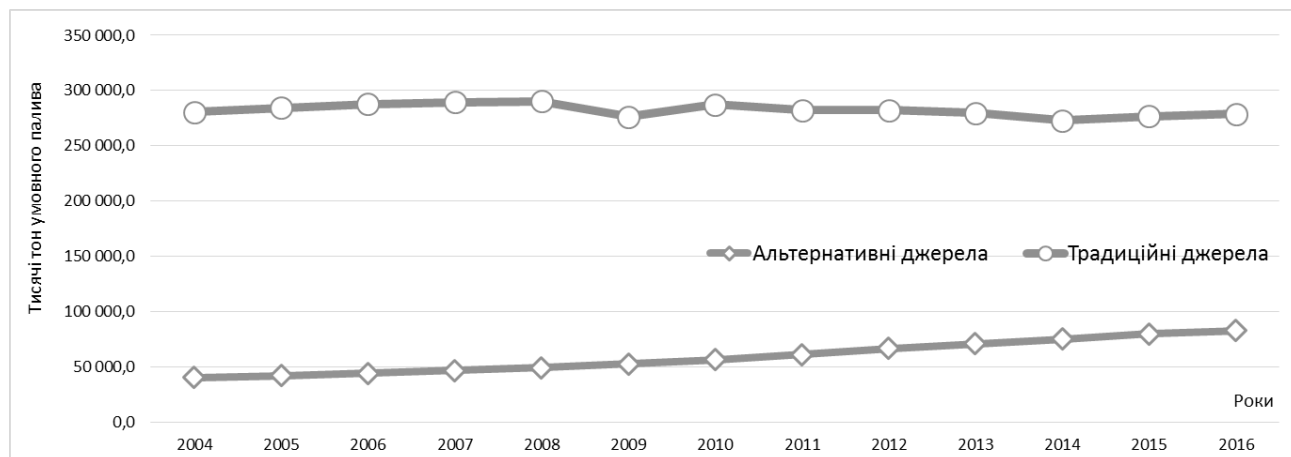


Рисунок 1 – Динаміка зростання обсягів генерації електричної енергії від традиційних і альтернативних джерел в Європі [2]

За умови значної значного зростання кількості учасників єдиної мережі, а більшість з таких учасників то є джерела малої генерації, якими керувати дуже проблематично в наслідок їх різних технічних характеристик і різного розташування [3]. Тому тепер при підключенні до єдиної електричної мережі можуть виникати питання узгодження, тобто технічні питання можливості забезпечення працездатності мережі на належному за якісними показниками рівні. У міру збільшення кількості одиниць малих генеруючих потужностей і їх частки в загальному виробленні такий негативний вплив буде зростати і буде відповідно зростати і складність управління єдиною мережею. Ймовірно, можливе виникнення такої критичної кількості малих генераційних потужностей, тобто їх

частка генерації від загально мережевої потужності може досягти значень, при яких традиційні системи підтримки параметрів мережі можуть вже не впоратися з ситуацією. Якщо врахувати, що значний відсоток малої генерації – це так звана зелена енергетика, а саме фотоелектричні перетворювачі і вітроенергетика. Які мають низькі коефіцієнти використання встановленої потужності (КВВП) [3], так для сонячних станцій (пряме фотоелектричне перетворення) КВВП = 14 %, для вітрогенераторів КВВП = 30 %. І це все при залежності від погоди, передбачити поведінку якої досить важко. Якщо порівнювати показники з традиційними джерелами то вийде наступне (див. рисунок 2).

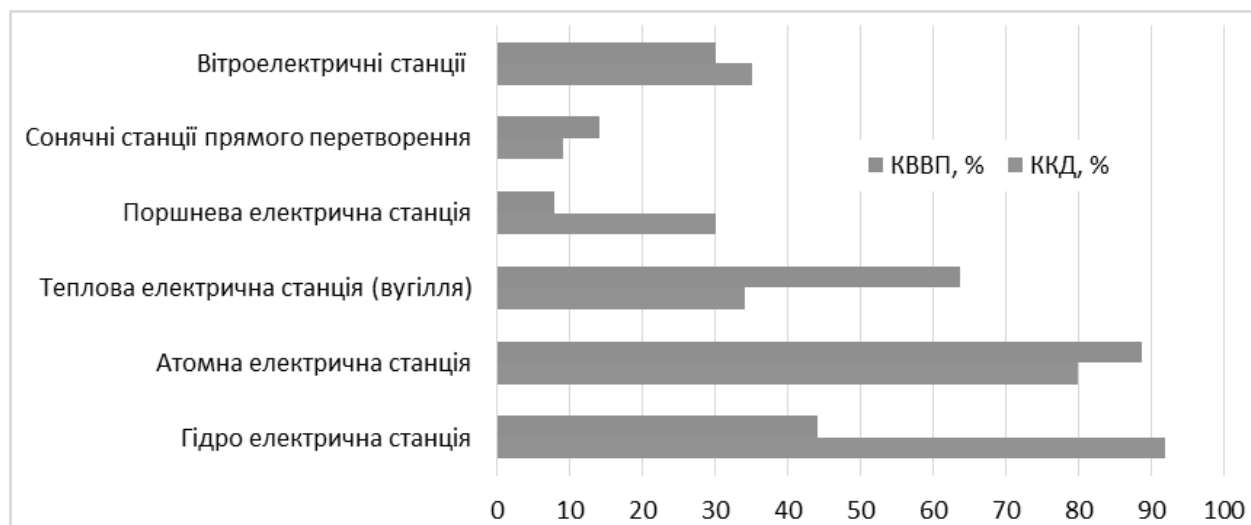


Рисунок 2 – Порівняння коефіцієнта корисної дії і коефіцієнта використання встановленої потужності для різних видів джерел

Очевидно, що узгодження джерел, що мають настільки різні технічні параметри не просте завдання. Проблема полягає ще і в складності сполучення різних за віком систем, що характерно для парку обладнання енергетичних компаній України.

Якщо врахувати, що особливість будь якої електроенергетичної системи полягає в тому, що виробництво електроенергії, її розподіл і перетворення в інші види енергії здійснюються практично в один і той же момент часу. А саме споживач і задає обсяги і графіки вироблення. В реаліях України сучасний споживач це в більшості населення, яке використовує

електроприлади потужністю часом більшою ніж визначена потужність по проекту підключення самого споживача. Наприклад, сучасна праска має потужність близько 2 кВт, що перевищує потужність по проекту для квартир в п'ятиповерхових будинках. Такий електричний прилад нагрівається досить швидко. Але ж цю потужність за короткий час він вибрав з електричної мережі. І таких приладів зараз досить багато. Тому і графік споживання рясніє піковими сплесками. Що призводить до зниження якості електричної енергії [4].

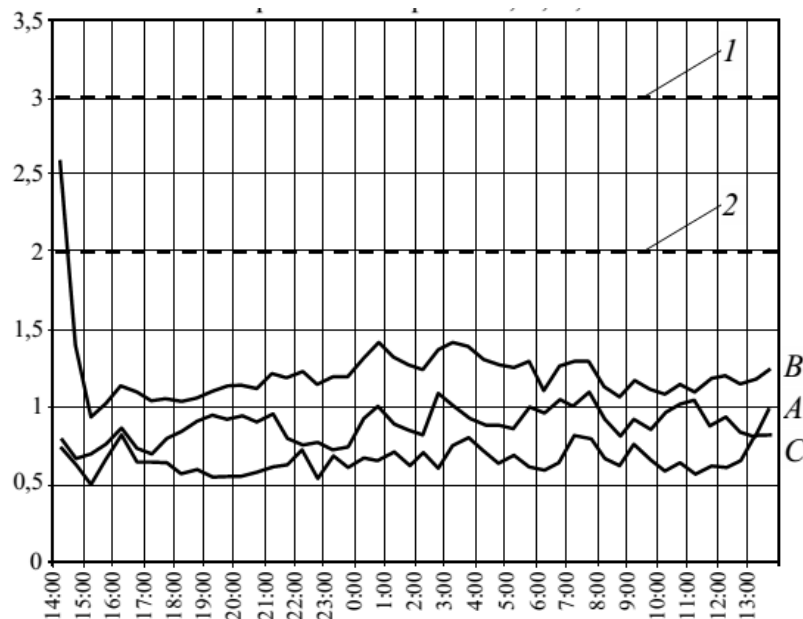


Рисунок 3 – Коефіцієнт спотворення синусоїдальної кривої напруги по фазах A, B, C, %. 1 – гранично допустима межа, 2 – нормально допустима межа.

Відповідно до вимог по споживанню має змінитися і виробництво електрики, і для розосередженої кількості малих джерел генерації із різними навантажувальними характеристиками досягти вирівнювання показників всієї мережі існуючими засобами управління мережею дуже важко.

Поставлена проблема збільшення різномірних систем генерації з одного боку і зміни характеру споживання з іншого за умови використання єдиної мережі повинна мати рішення. Треба звернути увагу на таку обставину, що зменшення кількості учасників загальної електричної мережі вже не буде відбуватися, бо міжнародні фінансові організації докладають зусиль по розвитку джерел електрики зі зменшеними показниками викидів CO₂, а це для України тільки заміна традиційних систем генерації на новітні і більш дорогі і такий процес буде відбуватися поступово із загальним збільшенням потужності альтернативних джерел.

Перше очевидне рішення полягає у використанні сучасних автоматизованих систем управління (АСУ). До завдань таких систем входить збір первинної інформації за всіма параметрами технологічного процесу енергетичної системи. Також до завдань АСУ необхідно включити завдання вимірювання, тобто

метрологічне забезпечення, і завдання управління обладнанням. Дані, які зібрані системою автоматизованого управління є важливою статистичною інформацією для верхньої ланки управлінських структур енергомережі. Тобто такі системи вже існують. Але при використанні більш сучасних систем збір інформації виконується на більш глибокому рівні, обсяги зібраної інформації зростатимуть і такі обсяги інформації мають біти структуровані певним чином. І вже в структурованому вигляді їх можна обробляти, передавати підключати до інших подібних сховищ. Обробка крупних масивів даних тепер виділена в окремий вид операцій обробки даних. Бо обсяги технологічних даних не просто значні за кількістю а дуже великі. І обробку таких значних даних має проводити спеціальне програмне забезпечення. Критерії обробки масивів даних технологічного обладнання це мінімальний час обробки, відповідна адекватність, виявлення похибки (випадковості), створення прогнозних рішень (передбачення аварійних і критичних ситуацій). Без цього етапу не можливо використання сучасних енергетичних систем.

В цілому АСУ ТП підстанції інтегрує в собі підсистему релейно захисної автоматики (РЗА),

протидії аварійної автоматики (ПА), автоматизовану інформаційно-вимірювальну систему комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), реєстратори аварійних подій (РАС), систему моніторингу та діагностики силового обладнання, систему визначення місця пошкодження (ЗМУ) кабелю, системи збору і передачі оперативної і неоперативної технологічної інформації, системи контролю якості електроенергії, інженерних і допоміжних систем. Дані за цими підрозділами мають бути зібрані в режимі реального часу. І відповідно оброблені із урахуванням взаємного впливу показників.

Очевидно, що така система на виконанні покладених на неї завдань зараз, на обладнанні що вже використовується на підстанціях, але при зростанні обсягів даних в наслідок збільшення учасників мережі застаріле обладнання очевидно не впорається.

Вихід із складної ситуації це використання нових технологій в електроенергетиці пов'язаних перш за все з використанням цифрових систем [5, 6]. Впровадження цифрових підстанцій дозволяє отримати цілий ряд переваг в порівнянні з традиційними підстанціями. Для виконання різних функцій на цифровій підстанції використовуються одні й ті ж джерела інформації, що призводить до зменшення загальної кількості обладнання на ній. Доступ до всієї інформації на цифровій підстанції здійснюється за допомогою уніфікованих типів даних і методів доступу, зведених у єдиний комунікаційний стандарт. Підсистеми захисту, вимірювання, управління, моніторингу стану обладнання, обліку та контролю якості електроенергії – всі вони при виконанні своїх функцій використовують одну і ту ж комунікаційну мережу, за якою отримують дані про значення струмів, напруг, положення комутаційних апаратів, приймають або передають керуючі команди. Немає необхідності в наявності індивідуальних пристроїв вимірювання, комунікації та обробки інформації для кожної з перерахованих підсистем [7].

Виходить, що пристрої автоматизації перетворюються просто в комп'ютери зі спеціалізованим ПО, а система захисту і управління цифровою підстанцією стає набором логічних програмних модулів з різним функціоналом і захищеності. В результаті віртуалізації підстанція може фізично знаходитися в одному місці, а її система управління буде розміщуватися на сервері і буде складатися з програмних модулів, які будуть відповідати за релейний захист, ПА, РАС, АСКОВ та ін [7, 8].

При використанні такої віртуальної станції в одиночному варіанті отримання переваг не так помітні, як використання декількох таких станцій об'єднаних єдиною мережею. Ось в разі значної розвиненості такої мережі обов'язково виникне синергетичний ефект. Аналогічно як порівняння використання серії генеруючих станцій, не об'єднаних в єдину мережу і така ж група станцій, об'єднана єдиною мережею. Дві такі структури будуть мати різні якісні та економічні характеристики.

Висновок: Бурхливе зростання технологій малої генерації, (а це і альтернативна енергетика і міні і мікро енергетика на традиційних джерелах, які в силу різних причин стали широко поширені), що матимуть підключення до єдиної мережі призведуть до відчутного впливу на показники системи в цілому внаслідок чого виникнуть проблеми керованості єдиної енергетичної мережі і підтримки в цій мережі відповідних параметрів. Ймовірний вихід з розглянутої ситуації розвитку електричних мереж у напрямку збільшення кількості генеруючих джерел (за рахунок малої генерації, розташованої в різних місцях) і зміни характеристики споживачів до більш жорстких графіків споживання це використання цифрових систем збору даних і управління енергетичною системою. Такий перехід виконано на сучасних західних енергетичних мережах – використання цифрових технологій. Поки вони проявляються в технології цифрової підстанції але автори вважають, що об'єднання кількох таких підстанцій в єдину цифрову структуру призведе до якісних змін що зумовить підґрунтя до глибшого цифрового перетворення енергетики.

Список літератури

1. The Kyoto Protocol - Status of Ratification режим доступу <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/status-of-ratification>
2. Energy from renewable sources режим доступу <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
3. BP Statistical Review of World Energy 2017. – London: British Petroleum, 2018
4. International Energy Outlook 2018. Energy Information Administration. Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy. Washington, DC, 2018
5. Renewables Global Status Report 2018. RNE21, 2018
6. The Modern Grid Initiative: Modern Grid v2.0 Powering Our 21st-Century Economy. - United States Department of Energy, National Energy Technology Laboratory, 2007
7. Vision and Strategy for European Electricity Networks of the future. - European Commission, 2006
8. World Energy Outlook 2018. – Paris: International Energy Agency, 2018
9. Сучасні та альтернативні енергетичні установки Навчальний посібник. О. Г. Гриб, В. А. Маляренко, В. П. Морозов, О. Д. Супрун, А. В. Хитров. - Харків: ХНАМГ, 2008
10. Зеркалов Д.В. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]: У п'яти книгах. Книга друга: Організація використання енергоресурсів. Довідник/ Д. В. Зеркалов. – Електрон. дані. – К. : Основа, 2009.
11. Качество электрической энергии. Том2. «Контроль качества электрической энергии» Под ред. Гриба О. Г. – Харьков: Монография ПП«Граф-Ікс», 2014. – 244 с.
12. VASILCHENKO, V. I. et al. ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ СКЛАДОВА СИСТЕМИ "SMART GRID". Електротехніка і Електромеханіка, [S.l.], n. 6, p. 72-76, dec. 2014. ISSN 2309-3404. Доступно за адресою: <<http://eie.khpi.edu.ua/article/view/2074-272X.2014.6.13>>. Дата доступу: 27 Nov. 2018 doi:<http://dx.doi.org/10.20998/2074-272X.2014.6.13>.
13. Гриб О. Г., Праховник А. В., Тесик Ю. Ф., Жаркін А. Ф., Новський В. О., Калінець В. П., Красінський О. Л., Довгалюк О. М., Светелік О. Д. Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії/ під ред. Гриба О. Г. – Харків: ПП «Ранок-НТ», 2012. – 516 с.
14. Sokol E. I., Grib O. G., Shvets S. V. The structural and parametrical organization of elements of power supply system in the conditions of network centrism. Electrical engineering & electromechanics, 2016, no.2, pp 61-64. doi: 10/20998/2074-272X.2016.2.11

15. Bykova O., Ablyazov P. Where the power industry moves? Available at: <http://www.bigpowernews.ru/research/document47671> (Accessed 24 November 2015). (Rus)

References (transliterated)

1. The Kyoto Protocol - Status of Ratification режим доступу <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/status-of-ratification>
2. Energy from renewable sources режим доступу <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
3. BP Statistical Review of World Energy 2019. – London: British Petroleum, 2018
4. International Energy Outlook 2018. Energy Information Administration. Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy. Washington, DC, 2018
5. Renewables Global Status Report 2018. RNE21, 2018
6. The Modern Grid Initiative: Modern Grid v2.0 Powering Our 21st-Century Economy. - United States Department of Energy, National Energy Technology Laboratory, 2007
7. Vision and Strategy for European Electricity Networks of the future. - European Commission, 2006
8. World Energy Outlook 2018. – Paris: International Energy Agency, 2018
9. Suchasni ta alternatyvni enerhetychni ustanovky Navchalnyi posibnyk. O. H. Hryb, V. A. Maliarenko, V. P. Morozov, O. D. Suprun, A. V. Khytrov.- Kharkiv: KhNAMH, 2008

10. Zerkalov D.V. Energozbezheniia v Ukraïni [Elektronnyi resurs]: U p'iati knigakh. Kniga druga: Organizatsiia vikoristannia energoresursiv. Dovidnik/ D. V. Zerkalov. – Elektron. dani. – K. : Osнова, 2009.

11. Kachestvo elektricheskoy energii. Tom2. «Kontrol kachestva elektricheskoy energii» Pod red. Griba O. G. – Harkov: Monografiya PP«Graf-Iks», 2014. – 244 s.

12. VASILCHENKO, V. I. et al. TsYFROVA PIDSTANTsIIa SKLADOVA SYSTEMY "SMART GRID". Elektrotehnika i Elektromekhanika, [S.I.], n. 6, p. 72-76, dec. 2014. ISSN 2309-3404. Dostupno za adresoiu: <<http://eie.khpi.edu.ua/article/view/2074-272X.2014.6.13>>. Data dostupu: 27 Nov. 2018 doi:<http://dx.doi.org/10.20998/2074-272X.2014.6.13>.

13. Hryb O. H., Prakhovnyk A. V., Tesyk Yu. F., Zharkin A. F., Novskiy V. O., Kalintsky V. P., Krasinskiy O. L., Dovhaliuk O. M., Svetelik O. D. Avtomatyzovani systemy obliku ta yakosti elektrychnoi enerhii/ pid red. Hryba O. H. – Kharkiv: PP «Ranok-NT», 2012. – 516 s.

14. Sokol E. I., Grib O. G., Shvets S. V. The structural and parametrical organization of elements of power supply system in the conditions of network centrism. Electrical engineering & electromechanics, 2016, no.2, pp 61-64. doi: 10/20998/2074-272X.2016.2.11

15. Bykova O., Ablyazov P. Where the power industry moves? Available at: <http://www.bigpowernews.ru/research/document47671> (Accessed 24 November 2015). (Rus)

Надійшла (received) 15.01.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гриб Олег Герасимович (Гриб Олег Герасимович, Gryb Oleg Gerasimovich) - доктор технічних наук, професор Національний технічний університету "Харківський політехнічний інститут", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Карпалюк Ігор Тимофійович (Карпалюк Ігорь Тимофеевич, Karpaliuk Ihor Timofeevich) - кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університету "Харківський політехнічний інститут", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Швець Сергій Вікторович (Швец Сергей Викторович, Shvets Sergiy Viktorovich) - кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університету "Харківський політехнічний інститут", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Рудевіч Наталія Валентинівна (Рудевич Наталья Валентиновна, Rudevich Natalia Valentinovna) - доктор педагогічних наук, доцент Національний технічний університету "Харківський політехнічний інститут", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21